

静岡県内にみる産学共同研究開発事業の展開と戦略動向

—三井農林株式会社の事例を中心とした予備的考察—

The Analysis of Joint R & D strategy by Industry and University in Shizuoka Prefecture
— Preliminary analysis of case study : Mitsunori Co., Ltd —

田 口 敏 行

Toshiyuki TAGUCHI

(平成8年4月10日受理)

静岡県は、他県と比べて製造出荷比率が高く製造業が盛んであり、地域産業振興のためには製造業の活性化を促すことが重要であるという方針により、早くから技術支援体制に力が入れられてきた。県の工業立地技術課を中心とする静岡県科学技術振興財団強化事業が基盤となって平成3年に財団法人静岡県科学技術振興財団が設立されている。科学技術振興のための企画調整をはじめ、先端技術の開発や産業技術の高度化及び創業者の支援を図るため、中小企業や産・官・学プロジェクト及びグループによる研究開発支援として、研究開発費の助成あるいは研究開発の委託として資金面でのバックアップをしており、県内では、そうした支援を受けながらの産・官・学プロジェクト（＝産学共同プロジェクト）による共同研究開発が数多く行われている。

筆者は、そうした財団を中核とする産学共同研究開発委託事業の概要ならびに県内の共同研究開発プロジェクトの実施状況・動向を整理し、その特徴について考察した。さらに、県内企業三井農林株式会社（主に同社研究所が中心）の共同研究開発事例をもとに、共同研究の動機や目的、パートナー間の役割分担と開発プロセスの特徴、そして成果について具体的に検証しながら、同社の持つ優れた点ならびに新製品・新事業へと応用を図っていくに至る戦略動向や特質について論究し、産学共同研究開発事業の意義について考察を加えた。

1. はじめに

90年代も半ばを過ぎ、未だ景気の不透明間が続くなか、企業は経営体質の改善やリストラなど、さまざまな生き残りをかけての取り組みを行うと同時に、インターネットをはじめネットワーク・情報化の急速な発展と普及、円高に伴う海外進出、さらには多様化する消費者ニーズに対応すべく、新製品・新技術の開発など、変化の激しい経営環境下において新たなビジネスチャンスの開拓や競争優位獲得に向けての戦略の策定・実行に着手しているといった状況にある。

とりわけ中小企業にとっては、資金面、技術面、人材面といった経営資源において不足がちであり、厳しい環境下におかれている。これまでのような「系列」「親-子関係」のなかでの事業展開にとどまらず、独自の事業開拓や新製品開発などにも積極的に取り組んでいかなければ生き残りは難しいような様相を呈しているとも言えよう。つまり、これからの中小企業は従来型の系列下請け生産体制の下での合理化や自動化といった対応だけでは発展は見込めず、創造性に富む高付加価値製品を提供できる技術開発力を持つ企業への成長が必要であり、情報や技術などの経営資源を強化し、迅速に時代の変化をとらえた独自技術の構築や開発をできるようにすることが大切である。但し、それらを即、実行していけるような「特効薬」があるわけではなく、独自技術の構築や開発といっても「思いつき」や「アイディア」だけで成功するほど容易なものではない。

そうしたなか、中小企業を主な対象としたいいくつかの支援策・制度がここ数年来施されてきている。例えば、昭和63年4月に10年間の時限立法として「異分野中小企業者の知識の融合による新分野の開拓の促進に関する臨時措置法（略称：融合化法）」が施行されており、ここでは、さまざまな形の企業間提携により異分野の技術力・市場力・経営力などを複合化させ、技術開発・製品開発・需要開発を行い、中小企業の新規事業展開を支援する策が講じられている。この時限立法は、平成7年には「中小企業創造活動促進法（中小企業の創造的事業活動の促進に関する臨時措置法）」に発展的に吸収され、そこでは、中小企業の創造的事業活動を促進するために、研究開発などに関わる「技術改善費」（補助金）の支給、低利融資、設備投資減税などの措置がとられ、国や県による中小企業への支援策・制度が施されている¹⁾。こうした措置は、主に中小企業間で協同組合といった形態により知識を融合化させて新技術・新製品の開発を促していこうとするものであるが、さらに広い範囲から、つまり「産」「官」「学」共同による研究開発（＝産学共同研究開発）を促す施策が別枠で講じられている。これは、県の工業立地技術課を中心とする静岡県科学技術振興財団強化事業が基盤となつての施策であり、科学技術に関する研究開発の推進などを産官学の連携の下に総合的に進めることによって、地域産業の創造的な発展を支援し、豊かで活力ある地域経済社会の形成に寄与することを目的に、平成3年に設立された財団法人静岡県科学技術振興財団が推進している。この財団は、科学技術振興のための企画調整をはじめ、先端的技術の開発や産業技術の高度化及び創業者の支援を図るため、中小企業や産・官・学プロジェクト及びグループによる研究開発支援に対して、研究開発費の助成あるいは研究開発の委託として資金面でのバックアップを行っている。この措置の利用は、とりわけ技術面や資金面で「ハンディ」を持つ中小企業にとっては、企業成長や経営力・競争力の向上にとって1つの有効な契機・手段たり得、企業間のみならず大学や研究機関をパートナーに加えての有益な事業展開構想であり、また厳しい環境下においての効果的な新技術・新

製品戦略につながる内容を内在しているように思われる。

静岡県は、他県と比べて製造出荷比率が高く製造業が盛んなところであり、地域産業振興のためには製造業の活性化を促すことが重要であるという方針の基で、早くから技術支援体制に力が入れられてきた。特に研究開発にはリスクがつきものであり、開発内容によっては多額の資金や人材を必要とするため、昭和50年代半ばから他県にはない規模の助成金を設けて企業の技術開発に資金面の支援がなされてきた経緯があり²⁾、財団を中核とする研究開発の推進体制の整備の下でも、そうした支援を受けての研究開発プロジェクトの実施例や優良企業による新技術・新製品への応用事例などが数多くみられる。

本稿では、財団による産学共同研究開発委託事業の概要ならびに県内の産学共同研究開発の動向と特徴を考察したうえで、藤枝に主力工場・研究所を持つ三井農林株式会社（以下M社）の開発研究事例を中心に共同研究開発の目的、開発プロセス、成果など具体的に検証しながら、意義や優れた点、さらには、共同研究をステップに製品化・事業化へと応用・実現を図っていく戦略特徴などについて論究していくものである。

2. 静岡県における産学共同事業—静岡県科学技術振興財団の委託事業を中心に—

まず、静岡県における産学共同事業を概観しておく。静岡県では、県からの出捐金ならびに民間企業からの寄付金を基金として、平成3年6月に財団法人静岡県科学技術財団（基本財産80.5億円、地域産業振興支援事業基金10億円）が設立されている。この財団は科学技術振興のための各種事業を実施しており、県内産業の創造的な発展を支援することによって、豊かで活力ある地域経済社会の形成を図ることを目的に、中小企業者などが行う研究開発への支援、研究開発された成果の普及・移転、創造性豊かな人材の育成などを産・官・学との連携のもとに、総合的かつ積極的に推進している³⁾。

図－1 産学共同研究開発委託事業内容

事業内容

対 象：産学共同研究プロジェクト

研究期間：3年間

件 数：12テーマ程度（新規4，継続8）

委 託 額：1年間1,500万円程度

産学共同研究開発委託事業

| 3年度 | 4年度 | 5年度 | 6年度 | 7年度 | 合 計 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 21 |

財団法人静岡県科学技術振興財団 財団事業成果集『明日へのいぶき』平成7年、pp87～88。

同財団は、1. 科学技術振興のための企画調整＝産官学共同の総合的コーディネーターをはじめ、2. 各種の研究開発の推進（中小企業研究開発助成事業、産学共同研究開発委託事業、地域産業振興支援事業など）、3. 研究開発成果の普及活動、4. 国際研究会議や産学官交流研究会の支援による交流促進、5. 人材育成、6. 県民への啓発活動などを行っており、産学共同事業も財団の委託事業として行われている⁴⁾。この産学共同研究開発委託事業は、中小企業などの技術基盤の強化を図るため、中・長期的な視点で重要度の高い研究課題に取り組む産・官・学共同研究プロジェクトに対して、財団がコーディネーターの役割を果たしながら、研究開発の委託を行うという内容のものであり、産・官・学共同開発事業における「官」の役割を果たしているということになる。共同研究プロジェクトの内容ならびに研究テーマが財団に提出され、審査を受けた後、認定されると年間1,500万円程度の補助金が3年間支給される。平成7年度までに21のテーマが委託事業として実施されている（図－1）。

共同研究開発プロジェクトは、構想から実施に至るまでにおいて、動機や進め方などケースによりさまざまであるが、中小企業を中心とする産業界＝「産」の側から研究開発プロジェクトが構想され、研究機関＝「学」へと呼びかけられて実施に移されていく場合もあれば、逆に「学」の側から共同プロジェクト案が構想され、「産」の側へ呼びかけられて実施に移されていく場合もある。いずれにしても、「産」と「学」の間に立ち、調整・コーディネートするのが、財団＝「官」の主な役割となる。具体的には、「産」の側からもち上がったような場合、必要とされる共同開発研究機関の紹介をしたり、あるいは、「学」の側からもち上がった場合、共同開発パートナーを求めている中小企業の紹介をするなど、仲介を行う。財団は研究開発そのものにタッチすることではなく、共同研究としての採用の有無、「産」と「学」の間での調整、そして資金提供が主な役割で、実際の研究開発は共同開発パートナー間で行われていくことになる。通常は、中小企業が先導的役割を果たして共同研究開発構想を起ち上げ、財団を介してパートナーを捜していくというケースが多いように思われる。なかには、構想の段階で自社のみでの研究では不十分とされる要件の研究分野やテーマに関し、情報収集を行い、リストを作成しているという企業もあるが、研究開発に際し自社では行えないような特殊分野の項目につき、財団を通して仲介を受け、大学や公設試験研究機関等の研究機関へ依頼するという形で共同開発パートナーが決定されてプロジェクトが実施されていくことになる。県内における主な研究機関、つまり共同開発パートナーにあたる「学」の代表例は図－2の通りである。

図－２ 主な共同開発研究機関

〈工業関係〉

| 設置 | 名 称 | 所 在 地 | 研 究 分 野 等 |
|----|----------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 国 | 国立遺伝学研究所 | 〒411 三島市谷田1111 ☎0559-75-0711 | 遺伝学(発生遺伝, 育種遺伝, 変異遺伝, 人類遺伝, 微生物遺伝, 分子遺伝, 細胞遺伝等) |
| | 静岡大学電子工業研究所 | 〒432 浜松市城北3-5-1 ☎053-471-1171 | 電子物理, 電子計測, 半導体, 超高速波, 他 |
| | 静岡大学地域共同研究センター | 〒432 浜松市都田1-3-4 ☎053-428-5110 | — |
| 県 | 沼津工業技術センター | 〒410 沼津市大岡3981-1 ☎0559-25-1100 | バイオテクノロジー, 機械, 電子 |
| | 富士工業技術センター | 〒417 富士市大岡2590-1 ☎0545-35-5190 | 製紙, 機械, 電子 |
| | 静岡工業技術センター | 〒421-12 静岡市牧ヶ谷2078 ☎054-278-3028 | 工芸, 食品, 化学, 材料, 機械, 電子 |
| | 浜松工業技術センター | 〒431-21 浜松市新都田1-3-3 ☎053-428-4152 | 繊維, 機械, 金属, 光, 電子 |

〈農林・水産関係〉

| 設置 | 名 称 | 所 在 地 | 研 究 分 野 等 |
|----------------------------------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 国 県 | 国立野菜・茶業試験場 | 〒428 榛原郡金谷町金谷2769 0547-45-4101 | 茶栽培, 茶利用加工 |
| | 農 業 試 験 場 | 〒438 磐田郡豊田町富丘678-1 0538-35-7211 | 普通作, 徳用作, 野菜作, 花き作, 生物工学, 経営, 施設・機械, 土壌肥料, 病害虫等 |
| | 茶 業 試 験 場 | 〒439 小笠郡菊川町倉沢1706-11 0548-27-2881 | 茶(育種, 栽培, 病害虫, 製茶, 新製品) |
| | 柑 橘 試 験 場 | 〒424 清水市駒越西2-12-10 0543-34-48451 | 柑橘(品種, 栽培, 栄養, 病害虫) |
| | 畜 産 試 験 場 | 〒418-01 富士宮市猪之頭1945 0544-52-0146 | 乳牛, 肉牛, 環境資料, 繁殖工学 |
| | 中 小 家 畜 試 験 場 | 〒439 小笠郡菊川町西方2780 0537-35-2291 | 養鶏・養豚(育種繁殖, 衛生管理, 飼養技術, 品質, 経営, 環境) |
| | 林 業 技 術 セ ン タ ー | 〒434 浜北市根堅2542-8 053-583-3121 | 育種, 育木, 木材加工, 林業経営, 林業機械, 徳用林産, 森林保護, 環境保全 |
| | 水 産 試 験 場 | 〒425 焼津市小川汐入3690 054-627-1815 | 漁業(遠洋, 沿岸, 海洋, 漁場造成, 漁場開発, 磯根, 内湾, 放流技術, 内水面) 養殖(内湾, 温水性淡水, 冷水性淡水) 利用加工(商品開発, 有効利用, 品質, 安全性) 環境公害(有害物質, 水質), 環境(生物) |
| | 栽培漁業センター | 〒410-01 沼津市口野1245-13 0559-39-0804 | 漁業, 養殖, 環境 |

2 大学等

| 設置 | 名 称 | 学 部 名 | 所 在 地 |
|----|-----------------|-----------|--------------------|
| | 静 岡 大 学 | 人 文 学 部 | 〒422 静岡市大谷836 |
| | | 教 育 学 部 | |
| | | 理 学 部 | |
| | | 農 学 部 | |
| | | 工 学 部 | 〒432 浜松市城北3-5-1 |
| | 浜 松 医 科 大 学 | 医 学 部 | 〒431-31 浜松市半田町3600 |
| 県 | 静 岡 県 立 大 学 | 薬 学 部 | 〒422 静岡市谷田52-1 |
| | | 食品栄養科学部 | |
| | | 国際関係学部 | |
| | | 経営情報学部 | |
| 私 | 東 海 大 学 | 開 発 工 学 部 | 〒410-03 沼津市西野317 |
| | | 海 洋 学 部 | 〒424 清水市折戸3-20-1 |
| | 静 岡 理 工 科 大 学 | 理 工 学 部 | 〒437 袋井市豊沢2200-2 |
| | 常 葉 学 園 浜 松 大 学 | 経営情報学部 | 〒431-21 浜松市都田町1230 |
| | 豊 橋 技 術 科 学 大 学 | 工 学 部 | 〒441 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1 |
| 国 | 沼津工業高等専門学校 | | 〒410 沼津市大岡3600 |

3 その他

| 名 称 | 所 在 地 |
|----------------------|----------------------|
| (財)浜松地域テクノポリス推進機構 | 〒438 浜松市初生町1084-18 |
| (株)浜名湖国際頭脳センター | 〒431-12 浜松市村櫛町4598-9 |
| 静岡県マルチメディア情報センター | 〒431-12 浜松市村櫛町4598-9 |
| (株)鉾工業海洋生物利用技術研究センター | 〒424 清水市袖師町1900 |

(出所) (財)静岡県科学技術財団『前掲書』, pp87～88.

静岡県では、以前から中小企業を対象とした支援・施策には積極的な取り組みがみられるが⁵⁾、共同研究開発もその一貫として実施され、共同開発パートナーとして図-2にみるような大学ならびに研究施設が利用されている。東・中・西部といった地域ごとに工業技術センター（沼津・富士、静岡、浜松）が存在し、ほとんどの共同開発研究において利用されている。それぞれ研究分野に特色があり、富士の製紙、静岡の工芸・食品、浜松の機械・金属・電子など、地域産業の特性を活かしての研究が行われている。また大学では、総合研究機関といえる静岡大学を中心に、静岡県立大学、浜松医科大学、東海大学などが主な研究機関にあたり、医学・薬

学、食品栄養学、海洋学など特殊分野の研究も行われている。さらに、農林・水産系の各種試験場が設置されており、茶、柑橘、水産など静岡の特産物と密接に関係する試験・実験場に恵まれている。共同研究開発事業において先導的役割を果たす中小企業は、地域に根ざした地場産業という特徴を大なり小なり兼ね備えているケースが多く、そうしたことからすると、地元の特産品・特産物に関する試験場・実験場の存在は貴重であると同時に、本県における共同研究開発体制の整備・充実の現れ、広くは中小企業支援・産業育成体制の整備・充実の現われとみることができよう。

ただし、研究開発プロジェクトの推進母体は先導的役割を果たす中小企業が主であり、「官」による支援、「学」による研究体制の整備がなされているとはいえ、年間1,500万円程度の助成金を受け、プロジェクトが実施に移されて以降は、主体たる中小企業が事業を運営・管理していく。必要とされる設備や機械類、実験機具・設備等はもちろん、共同研究パートナー＝研究機関への委託費用も助成金から拠出することになり、共同研究に際しての件人費は助成金の対象外であることから、全くのゼロから始める研究開発内容であることは実際には少ないように思われる。また、共同研究の主旨は、即、製品化・実用化につながるような研究開発という側面はそれほど強くなく、もちろん、そうした側面が無視されてのものではないが、共同研究開発プロジェクトは、新技術・新製品開発の前段階における研究開発といった位置づけにあると言える。

これまでの共同研究開発プロジェクトの内容を見てみると、図－3のような状況にある。（平成3年度以前のものは、県の工業立地技術課が直接「共同研究開発事業」として行っていたものである。）

図－3 これまでの共同研究開発プロジェクト

産学共同研究開発委託事業

〈平成元年～3年度〉

| No. | 委託企業名（共同研究者） | 所在地 | 研 究 テ ー マ |
|-----|----------------------------------------------------|-----|-----------------------------|
| 1 | (株)丸石製作所 沼津工業高等専門学校 富士工業技術センター | 富士市 | 製紙における仕上げ工程の無人給紙システムの開発 |
| 2 | 焼津水産化学工業(株) 静岡大学農学部 沼津工業技術センター 静岡工業技術センター | 焼津市 | 海洋バイオニューマテリアルの開発 |
| 3 | (株)巴川製紙所 静岡大学工学部 静岡工業技術センター | 静岡市 | プラズマ重合による粉体表面への機能膜の生成に関する研究 |
| 4 | パルコム電子機器(株) 静岡大学工学部 浜松工業技術センター | 浜松市 | 光信号技術を応用した複数情報の同時処理装置の開発 |

〈平成 2 ～ 4 年度〉

| No. | 委託企業名（共同研究者） | 所在地 | 研 究 テ ー マ |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| 1 | (株)帝装化成 旭化成工業(株)ライフサイエンス総合 研究所 クミアイ化学工業(株) (株)エコプロ・リサーチ (株)理研グリーン 静岡大学農学部 静岡工業技術センター | 静岡市 大仁町 菊川町 清水市 福田町 | 農薬の微生物分解と使用ローテーション の研究 |
| 2 | 三井農林(株) 静岡県立大学短期大学部 鹿児島大学教養部 社会福祉法人聖隷三方原病院 静岡工業技術センター | 藤枝市 | 茶を利用した高機能食品素材の開発研究 |
| 3 | 富士電気化学(株) 静岡大学工学部 静岡大学電子工学研究所 浜松工業技術センター 静岡工業技術センター | 湖西市 | 超微細加工用アクチュエーターシステム の開発 |

〈平成 3 ～ 5 年度〉

| No. | 委託企業名（共同研究者） | 所在地 | 研 究 テ ー マ |
|-----|-------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------|
| 1 | ヤマハ発動機(株) (株)日軽技研 豊橋技術科学大学工学部 沼津工業技術センター | 磐田市 | 低コスト・低公害・資源再利用型アルミ ニウム基複合材料のエンジン部品への適 用 |
| 2 | 日本食品化工(株)研究所 静岡大学教育学部 静岡大学農学部 浜松医科大学第 1 内科 静岡工業技術センター | 富士市 | 食品用機能性糖質の開発に関する研究 |
| 3 | (株)浜松プラテック (株)クラベ 静岡大学工学部 静岡県立大学 静岡工業技術センター | 浜松市 浜松市 | 透明ー不透明に変換する熱応答性樹脂の 開発とその応用 |
| 4 | (株)河合楽器製作所 静岡大学農学部 静岡工業技術センター 林業技術センター | 浜松市 | 針葉樹・林地廃材の総合利用システムに 関する研究開発 |

〈平成４～６年度〉

| No. | 委託企業名（共同研究者） | 所在地 | 研 究 テ ー マ |
|-----|-------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| 1 | (株)テック ヤマハ(株) (株)クラブ 静岡大学工学部 浜松工業技術センター 沼津工業技術センター | 三島市 豊岡村 浜松市 | ホットウォール法による素子の開発 |
| 2 | バルステック工業(株) (株)桜井製作所 (株)加藤スプリング製作所 静岡大学工学部 浜松工業技術センター | 浜松市 | 光磁気ディスク標準評価装置の開発 |
| 3 | (株)海洋バイオテクノロジー研究所 静岡大学教養部 沼津工業技術センター | 清水市 | 汚濁海域の微生物有効利用技術の開発 |
| 4 | (株)小林製作所 沼津工業高等専門学校 富士工業技術センター | 富士市 | 紙・板紙の搾水効率及び物性の改善技術の開発 |
| 5 | (株)電業者機械製作所 東海大学海洋学部 静岡工業技術センター | 三島市 | アブレッシブジェットによる構造物リフォーム工法の開発 |

〈平成５～７年度〉

| No. | 委託企業名（共同研究者） | 所在地 | 研 究 テ ー マ |
|-----|-----------------------------------------------------------|------------|-----------------------------|
| 1 | フジ製糖(株) 静岡大学理学部 熊本工業大学工学部 沼津工業技術センター | 清水市 | 多機能性生体保存活性物質の製法と用途の開発に関する研究 |
| 2 | (株)巴川製紙所 静岡大学工学部 静岡工業技術センター | 静岡市 | 耐熱性高分子フィルムのメタライジング |
| 3 | 浜松ホトニクス(株) 浜松医科大学 ジョンスホプキンス大学 浜松工業技術センター | 浜松市 | 生体機能計測用ポジトロンイメージングシステムの開発 |
| 4 | 相川鉄工(株) 日本化工(株) 静岡大学工学部 富士工業技術センター 静岡工業技術センター | 静岡市 静岡市 | オレフィン系廃プラスチックの再利用に関する研究 |

〈平成 6 ～ 8 年度〉（予定）

| No. | 委託企業名（共同研究者） | 所在地 | 研 究 テ ー マ |
|-----|-----------------------------------|-----|---------------------------------|
| 1 | (株)トーキン 静岡大学工学部 浜松工業技術センター | 浜松市 | アーク溶接ロボット用トーチ及びトーチ交換システムの開発 |
| 2 | 旭技研(株) 東海大学開発工学部 浜松工業技術センター | 浜北市 | レンズレス光ディスクシステムの開発 |
| 3 | (株)村上開明堂 静岡理工科大学 静岡工業技術センター | 静岡市 | セラミック薄膜からなる自己温度制御型平面発熱体の開発とその応用 |
| 4 | スズキ(株) 静岡大学工学部 静岡工業技術センター | 浜松市 | 脱フロン・トリクロロエタン対策新水系洗浄システムの開発 |

〈平成 7 ～ 9 年度〉（予定）

| No. | 委託企業名（共同研究者） | 所在地 | 研 究 テ ー マ |
|-----|-------------------------------------------------------------------------|-----|------------------------------------------|
| 1 | (株)幸伸技研 (株)富士テクニカ (株)アイセック 静岡理工科大学 沼津工業高等専門学校 沼津工業技術センター | 三島市 | 肉厚の増減及び裂開加工等のできる雀資源、省エネ、低騒音形の新回転塑性加工機の開発 |
| 2 | ポーラ化成工業(株) 静岡大学農学部 沼津工業技術センター | 静岡市 | 植物の香気生成機構を利用したバイオによる新しい香気生成技術の開発と応用 |
| 3 | パレストック工業(株) 日本ユニシス(株) 静岡大学工学部 浜松工業技術センター | 浜松市 | スペクトラム拡散通信技術を用いたワイヤレス・システムの開発 |
| 4 | ミネベア(株) 静岡理工科大学 浜松工業技術センター | 浅羽町 | 転写型光磁気ヘッドの開発 |

（出所）財団法人静岡県科学技術財団『前掲書』，pp77～80。

中小企業を中心としているとはいっても、平成 3 年度～5 年度にかけてのヤマハ発動機(株)／(株)日軽技研を委託企業とする「低コスト・低公害・資源再利用型アルミニウム基複合材料のエンジン部品への適用」をはじめ、同年(株)河合楽器製作所を中心としての「針葉樹・林地廃材の総合利用システムに関する研究開発」、平成 5 年～7 年にかけての浜松ホトニクス(株)を中心とした「生体機能計測用ポジトロンイメージングシステムの開発」など、県内大手企業が主体となつての共同研究開発事例も見られる。

では、こうした共同研究開発プロジェクトを実施するに至ったねらい・目的はどのようなところにあり、委託企業はどういった成果を享受することになったのであろうか。また、新製品・新技術への応用や実用化など、どのように共同研究開発プロジェクトを生かしていったのであろうか。ねらいや目的という点ではケースによりさまざまであろう。自社内で研究開発を進めていくうちに、派生的に特殊分野の実験・検証の必要が認められ、その研究依頼先を財団に仲介してもらいながら共同研究開発プロジェクトにのせていくといったケースや既に自社内の研究開発段階において外部の研究機関を利用しており、補助金もおりることから改めて共同研究開発プロジェクトとしてスタートさせるケース、あるいは、制度にのった「共同研究開発プロジェクトによる内容」であることを客観的な評価とみなし、県や財団も認めたものであるということをも1つの宣伝材料にするといった戦略的なねらいをこめてのケースもあろう。いずれにしても新技術・新製品分野への進出に際して、応用化・実用化に先立ち、必要とされる基礎研究・要素技術研究を特殊専門分野の研究機関の手を借りながら共同で実施していくという基本線は共通したものであるように思われる。また、プロジェクトの成果やどのように実用化・製品化に向けてプロジェクトを活かしていったかという点も、さまざまなケースが考えられる。うまく新製品に実用化させていったケースもあれば、研究開発内容と結果はすぐれた評価を受けても、実用化、製品化となるとすぐには応用が利かないなどのケースもあろう。

そこで、そうした点をより具体的につかむと同時に、研究開発プロジェクトの実態を明らかにするために、個別に研究開発プロジェクトの事例を取り上げ、共同研究プロジェクトの内容や進め方、動機や成果など検証していくことにする。

3. M社の事例—茶を利用した高機能食品素材の開発研究—

今回は、平成2年から4年にかけて「茶を利用した高機能食品素材の開発研究」をテーマに産学共同研究開発に取り組んだM社の事例を取り挙げることにする。同社は、東京に本社を置き、主力工場と総合研究所を藤枝に有しており、紅茶を中心とする食品事業をはじめ、外食事業、木材事業、建材事業、住宅事業、不動産事業などを営む、社員総数822名（平成7年3月31日現在）、年間売上高755億円（平成7年3月）を上げる企業である⁹⁾。同社の有する藤枝工場は、紅茶文化を技術で拓く、大規模に機械化された工場であり、日本の紅茶文化を育んできた歴史と実績をもつ（戦前の台湾での事業を引継ぎ、昭和26年に紅茶仕上げ包装工場が開設されている）。原料の仕入れから搬入整理→各品種別の品質の鑑定・分析→ブレンド→計量→缶詰→製品の分類→シール・包装→箱詰め→出荷、といった過程がオートメーション化・立体化されており、世界的な製茶工場として発展し、精密度の高い近代的設備を兼ね備えている⁷⁾。主力商品は日東紅茶ティーバック、ティーエステートシリーズ、ホワイトノーブル紅茶、中国茶・緑茶、ペンダー用ミックスなどがある。また同工場と隣接して食品総合研究所が設置されており、この研究所は、昭和58年10月に藤枝工場研究開発室を発展的に解消し、生産部「食品総合研究所」に改称され、引き続き同所にて業務を継続して現在に至っている。ここでは、今までに培われてきた紅茶づくりの技術を生かして、清涼飲料・缶ドリンク類・健康食品など、顧客のニーズにマッチした新製品の開発に力を注いでいる。現在ではさらに、茶成分の生理活性作用の研究から抗酸化剤の研究へと研究内容が広がり、医薬・バイオテクノロジーの分野にも着実

な研究成果を挙げている（図－４）。

図－４ M社食品総合研究所研究成果概要
最近の商品開発及び研究成果

- 粉末飲料類の研究開発
 - ティーミックス、ココアミックス
 - 各種フルーツミックス、コーヒーミックス、スープミックス、乳酸菌ミックス
- 缶ドリンク類の研究開発
 - 紅茶、緑茶、ウーロン茶、麦茶、コーヒー、各種フルーツ、コーラ、健康ドリンク、スープ、発酵乳
- シロップ類の研究開発
 - 紅茶、コーヒー、各種フルーツ発酵乳
- ポーション・パック濃縮飲料類の研究開発、着番茶の研究開発
- インスタントティーの研究開発
- 健康食品の研究開発
- テトラパック各種飲料の研究開発
- 茶成分の生理活性及びその工業的利用研究
- 抗突然変異作用
 - 59.4 農芸化学会大会で発表
- 抗腫瘍作用
 - 60.10 米国カンザス大学抗変異抗癌学会にて発表
- 酸化防止作用
 - 59.4 農芸化学会大会にて発表
- コレステロール上昇抑制作用
 - 59.4 農芸化学会大会にて発表
 - 59.5 食品栄養食糧学会にて発表
- 血圧上昇抑制作用
 - 62.4 日本農芸化学会大会にて発表
- その他、茶成分の健康保持機能につき内外学会及び専門誌等に発表

（出所）M社社会案内パンフレット（FUJIED/SUDAMA/食品総合研究所），p15.

さて、今回事例として取り挙げる共同研究開発プロジェクトは、先に紹介したM社（プロジェクトの先導的役割は藤枝に所在する総合食品研究所：生理活性研究室）を中核とし、共同研究開発機関・パートナーとして、社会福祉法人聖隷三方原病院、静岡県立大学短期大学部（食品学教室）、鹿児島大学教養部（生物学教室）、静岡工業技術センター（食品化学技術部）が参加してのプロジェクトで、平成2年から4年にかけて実施されている（図－５）。

図－５ 共同研究開発プロジェクト一覧

| |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>〈研究テーマ〉</p> <p>茶を利用した高機能食品素材の開発研究</p> |
| <p>〈研究機関〉</p> <p>平成2年度～平成4年度</p> |
| <p>〈共同研究機関〉</p> <p>M株式会社 食品総合研究所 生理活性研究室 社会福祉法人 聖隷三方原病院 静岡県立大学短期大学部 食品学教室 鹿児島大学教養部 生理学教室 静岡工業技術センター 食品科学技術部</p> |
| <p>〈委託機関〉</p> <p>（財）静岡県科学技術振興財団</p> |

（筆者作成）

プロジェクトの概要は次の通りである。M社（総合食品研究所）では、お茶の「渋味」を抽出し、その効用を生かして健康食品を作りあげる研究が進められており、実用化へのタイミングを計っていた。つまり、お茶は「うまみ」「香り」「渋味」のバランスが重要であり、渋味が強くなると値段が下がって品質の低下とみなされていた。しかしながら渋味の成分として茶葉に豊富に存在する茶ポリフェノール類には、消臭作用、抗酸化作用、抗菌作用、鮮度保持作用といった機能性があり、抗ウィルス作用や抗腫瘍作用の他、ヒトの疾病予防に関わる血圧上昇抑制作用、血中コレステロール上昇抑制作用等への有効性が解明されつつあった。M社食品総合研究所は、茶ポリフェノール類の多岐にわたる機能性において、将来機能性食品の一翼を担うことのできる素材であることに既に着眼しており、そうした基礎的な研究を積み重ねながら、その用途開発は多くの可能性を秘め積極的な応用研究を進めるべき分野であることを確信していた。ただ、工業的な生産に関しては、純度その他の点でまだ改良の余地が残っており、そうした点の克服と高機能食品素材の活用に向けて産学共同研究開発を進めていった。また、研究内容の可能性・評価という点で、自社単独で行うには研究内容の広さなど限界があり、プロジェクトの1年ほど前から工業技術センターなどに打診や相談を行っていたが、研究内容に関しての県の後押しや推薦を受け、また、第三者を含めた客観的な評価につながり、研究結果をアピールできるというメリットも踏まえて、共同研究開発プロジェクトへと持ち上げていったのであった。

図－6 M社食品総合研究所の設備面での概要

主な研究設備

| | | |
|------------------|---------------------------|-----------------|
| スクロマトグラフ | 屈折計 | 製氷機 |
| 高速液体クロマトグラフ | オートホモミクサー | 卓上振盪機 |
| 大量分取用高速液体クロマトグラフ | 赤外線水分計 | ハンディーアスピレーター |
| 蛍光分光光度計 | カールフィッシャー水分計 | フラクションコレクター |
| 赤外分光光度計 | Continental Water Systems | 透過ノマルスキー微分干渉顕微鏡 |
| 紫外分光光度計 | ドラフト | 恒温(恒湿)器 |
| 融点測定装置 | A.O.M 測定試験装置 | 全温度培養器 |
| 凍結乾燥機 | プレハブ恒温恒湿室 | フラッシュエバポレーター |
| スプレードライヤー | 低温恒温恒湿室 | 自動排出型遠心分離機 |
| 高速遠心分離機 | 実験用高圧ホモジナイザー | マッフル炉 |
| 卓上型低温遠心機 | 複写機 | 超低温保存庫(−80℃) |
| グリーンベンチ | 情報検索システム | 電気低温乾燥器 |
| ロータリーエバポレーター | パーソナルコンピュータ | 色差直読デジタル測色色差計 |
| シュガーアナライザー | | イオンメーター |

(出所) M社社案内パンフレット (FUJIEDA/SUDAMA/食品総合研究所), pp14～15.

プロジェクトは、(財)静岡県科学技術振興財団のコーディネートのもとで行われていくが、財団が研究委託機関となり、M社研究所に共同研究を委託し、それをM社が受けるというかたちでスタートする。財団は年間1,500万円弱の助成金を支給するが、それ以降のプロジェクトの運営・進行はM社に委ねられていく。このプロジェクトにおいては共同研究パートナーはM社研究所が選出し、パートナーに必要とされる部分・部門研究や各種の実験などを依頼して、

共同研究開発プロジェクトが進められていった。既にM社研究所では基礎的な研究において、自社内では技術面でほぼ完全にめどが立っており、必要とされる実験設備、機械や装置類、データやノウハウなども充実させていた（図－6）。

こうした時前の準備が整っていたという点は、プロジェクトの進行のみならず、資金の利用方法や有効な活用が可能となることにつながり、研究内容の質においても大きなメリットであったと同時にM社を中心としたプロジェクトの特質の一つでもあったと言える⁹⁾。そうしたメリットを持ちながら、パートナーとして、社会福祉法人聖隷三方原病院、静岡県立大学短期大学部（食品学教室）、鹿児島大学教養部（生物学教室）、静岡工業技術センター（食品化学技術部）が選出され、M社研究所からの依頼に基づき分担による共同研究が実施されていった（依頼に必要な費用は、1,500万円弱の助成金の中からM社が必要に応じて拠出している）。

分担が決まると、基本的にはそれぞれが個別に研究を進めていくが、このプロジェクトでは、定期的に4ヵ月に1度くらいの割合で会を開き、調整や確認を行っている。共同開発は、パートナーを除いた部分はすべてM社研究所内のメンバー（主に総合食品研究所の所長をはじめ生理活性研究室のメンバー）で行われている。

このようにして「茶を利用した高機能食品素材の開発研究」が実施されていったのであるが、より具体的に、1. 共同研究開発の主旨と目的、2. パートナー間の役割分担とそれぞれの研究内容を中心とした開発プロセスを検証して特徴を明らかにし、そしてその成果を生かしての製品・事業戦略をどのように展開していったのかということに関してさらに論究していくことにする⁹⁾。

1. 共同研究開発の主旨と目的

静岡県は茶の産地として全国に知られているが、この研究では、茶産地としての特性を生かし、茶の主要成分であるポリフェノール類（＝茶カテキン）を高機能性食品素材に利用することを目的とした。茶ポリフェノール類は、茶の渋味成分として茶葉に豊富に存在しており、化学構造上、フェノール性水酸基(OH)を複数持ち、エピガロカテキンガレート、エピガロカテキン、エピカテキンガレート、エピカテキンなどの種類がある¹⁰⁾。

そもそも茶は、古代中国にその起源を求めることができるのであるが、現在のような嗜好飲料としてではなく、薬用植物として珍重されていたという記録も古文献に記されており、茶の効用は昔から言い伝えられていた。近年では、目覚ましい科学の発展に伴い、物質レベルで解明が進んで、カフェイン、ビタミンCあるいは微量金属といった成分の役割が明らかにされ、特に最近になっては、茶ポリフェノール類についてもその機能性が研究されてきた。つまり、消臭作用、抗酸化作用、抗菌作用、鮮度保持作用が明らかにされ、多くの食品への応用が試みられてきている。また、抗ウィルス作用、抗う蝕作用、抗腫瘍作用などにおいても茶ポリフェノールの有効性が確かめられており、さらには、ヒトの疾病予防に関わる機能についても、いくつかの効能（血圧上昇抑制作用、血中コレステロール上昇抑制作用、抗腫瘍作用など）があることが動物実験レベルで判明しつつある。

M社研究所では、上記のような茶ポリフェノール類の多岐にわたる機能性や効用に着眼し、食品への活用に向けての用途開発ならびに積極的な応用研究を進め普及を図るべく、財団のコーディネートのもとにおいて産学共同研究開発を推進していったのであった。共同研究のより具体的な目的としては、茶ポリフェノール類の機能性や有効性は各種の研究や実験で解明はされているものの、茶葉から工業的規模でしかも大量に抽出・分離・精製して、生産していく

技術やノウハウ、動物やヒトへの生理的な影響、さらには食品に加工・応用していく際の技術やノウハウ、といった面でより詳しく研究、実験、検証されねばならず、そうした課題やさまざまな問題点を共同で解決して実用化・普及を図ろうとするものであった。つまり、

「茶ポリフェノール類は、その多岐にわたる機能性において将来機能性食品の一翼を担うことのできる素材であり、まさに『茶を利用した高機能食品素材』として位置づけることのできるものである。またその用途開発は多くの可能性を秘め、積極的な応用研究を進めるべき分野である。しかしながら、茶ポリフェノール類の工業的な生産に関してはその純度その他の点でまだ改良の余地が残っている。

したがって、本研究では茶ポリフェノール類の機能性を食品に生かすために、有効成分の効率的な分離・精製方法の確立、実験動物やヒトによる安全性及び生理活性機能の確認、渋味の改善や食品への応用について検討することを目的とし共同研究を行った」

のであった¹¹⁾

M社研究所内では、既に実験室レベルで茶ポリフェノール類の抽出、分離、精製方法を確立していたが、食品に応用・活用していくには、大量にしかも工業的規模での製造・生産方法や安価で効率のよい分離・精製方法を確立しなければならず、この点M社自身がこれまでの技術・ノウハウを生かして改良・改善を重ねることで共同研究の第一段階を実現させ、以降、その他の課題や問題点の克服に向けて、パートナー間での役割分担のもとで実質的な共同研究が実施されていった。

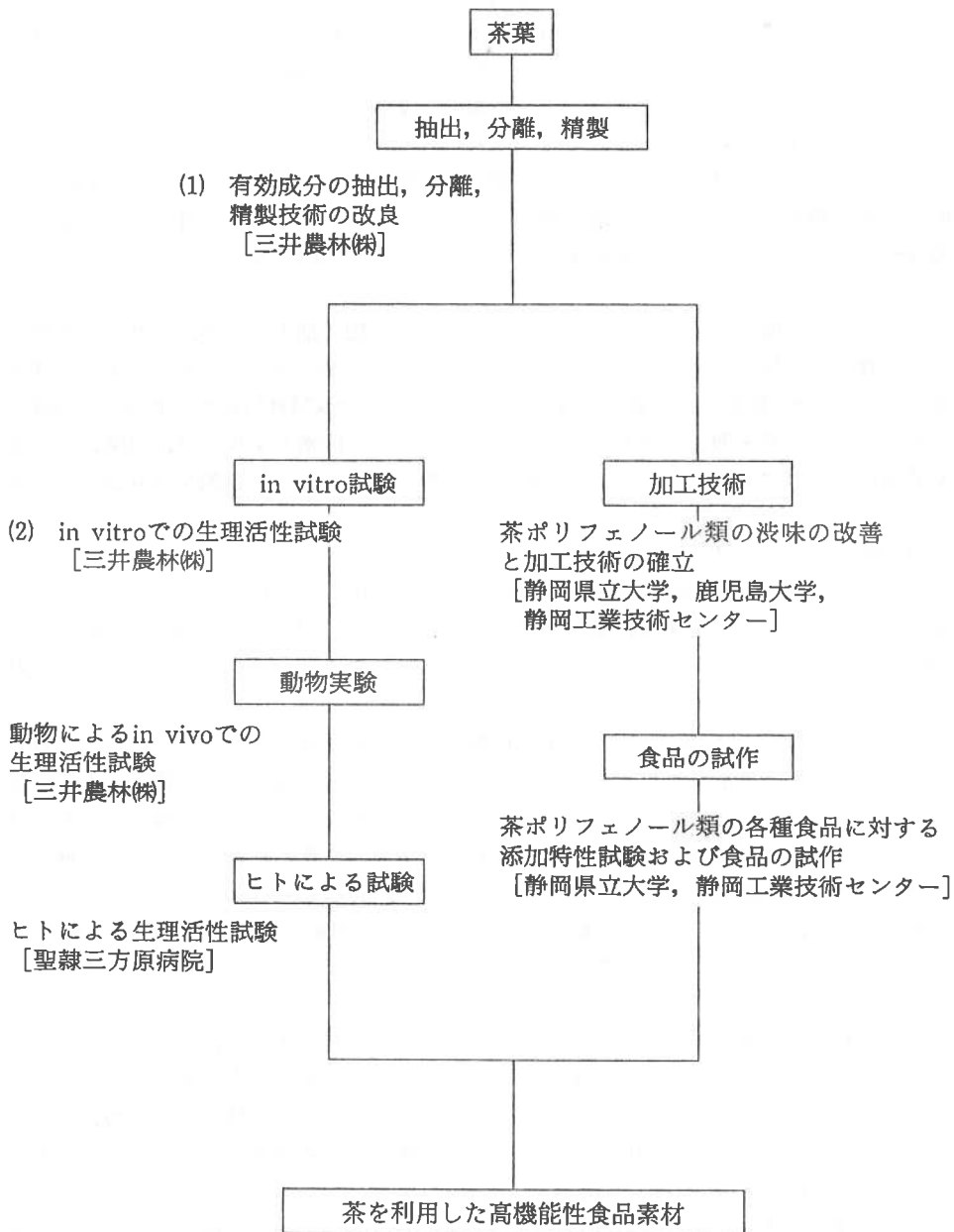
2. 共同研究開発のプロセスと特徴

茶ポリフェノール類をその機能を生かした食品として利用するにあたっては、茶ポリフェノール類そのものを安価にかつ多量に製造・供給することがその普及に先立つ第一段階となる。共同研究開発もここからスタートしていくことになるわけであるが、その後大きく2つの流れから共同研究が進められていく。

1つは、茶ポリフェノール類の抽出、分離、精製方法・技術を確立したうえで、抽出された茶ポリフェノール類の高機能性食品素材としての有用性を研究・検証していく流れである。最終的には食品としてヒトが口にするものであるため、生理的な影響・安全性が確かめられなければならないと同時に、効用や有用機能が発揮されて、種々の生理活性効果（例えば疾病予防など）が期待できる高機能性食品素材であることが立証されねばならない。そうした点を究明していく流れであり、茶ポリフェノール類そのものの生理活性試験研究と言える。具体的には、1) *in vitro* 試験による生理活性の評価、2) 実験動物による生理活性の評価、3) ヒトによる生理活性試験からなる。

もう1つの流れは、高機能食品素材として利用していくにはどうするか、といったことに関わる。つまり、最終的には、生理活性効果がある茶ポリフェノール類を食品素材として利用していくことが期待されるわけであるが、茶ポリフェノール類は渋味の本体であるため、これを多くの食品に添加する場合には添加量に限界があり、渋味の低減や改善が必要不可欠となる。それを実現するためには、「渋味度」を測定し、客観化・定量化できなければならない。どれくらいの分量・濃度で渋味を感じ、許容範囲はどこまでであるのかといった測定や渋味度と神経反応との相関関係などが明らかにされねばならない。さらに、ポリフェノール類を多くの食品分野で活用していくことに関し、実際にポリフェノール類を添加した食品や飲料を試作して、その添加特性や添加量を把握することも必要となる。もう1つの流れとは、「渋味」の呈味性、

図ー７ 研究開発フローチャート



(出所) 静岡県産学共同研究開発事業／研究成果普及用テキスト，p3.

「渋味」の加工・改善，そして試作，といった点を研究・解明していく流れである。具体的には，1) 官能検査による渋味度の測定，2) 茶ポリフェノール類の渋味度の定量化，3) 茶ポリフェノール類の渋味の改善，そして加工技術の開発及び食品への応用からなる。研究開発のフローチャートは図－7の通りである。

こうした2つの大きな流れのなかで研究開発が進められていったのであるが，先にも述べたように，M社は茶ポリフェノール類の抽出・精製方法を既に実験室レベルで確立しており，その大量生産への移行に関わる問題点を明らかにし解決することを目的に，成分の抽出・分離・精製技術の改良から研究がスタートしていった。以降，M社が先導的な役割を果たし，必要とされる実験・研究を専門機関に委託し，共同研究が実施されている。茶ポリフェノール類そのものの生理活性試験研究という流れのなかでは，*in vitro*での生理活性試験と動物による生理活性試験はM社研究所自身が担当し，ヒトによる生理活性試験において社会福祉法人の聖隷三方原病院に委託され，同機関が担当した。また，「渋味」の呈味性，「渋味」の加工・改善，といった点を研究・解明していく流れのなかでは，静岡県立大学短期大学部（食品学教室），静岡工業技術センター（食品化学技術部），鹿児島大学教養部（生物学教室）に委託され，最終段階の試作をM社が行っている。

専門分野への研究依頼・委託に際しては，M社独自に情報収集が行われ，共同研究のパートナーとして，ヒトによる生理活性試験においては聖隷病院に，茶ポリフェノール類の渋味度の定量化においてはアフリカツメガエルの舌神経を取り出し，渋味物質に対する味覚受容器の神経応答の検索など，鹿児島大学生物学教室（山下 智教授）のもとに委託され，実験・研究が行われているなど，県内の大学や技術センターにとどまらず，病院という機関や県外の専門研究機関にも共同研究の枠が広がり，これらは全体を通しての特徴的な点と言えよう。さらに研究開発の各プロセスを具体的にみていくことで，各段階でどのような課題に取り組み，さまざまな問題点などの改善・解決を図っていったのか，食品素材として利用していくことに向けて共同研究全体がどう調整され，運営・管理されていったのかということを念頭において検証・考察していく。

I. 茶ポリフェノール類の抽出・精製（M社食品総合研究所担当）

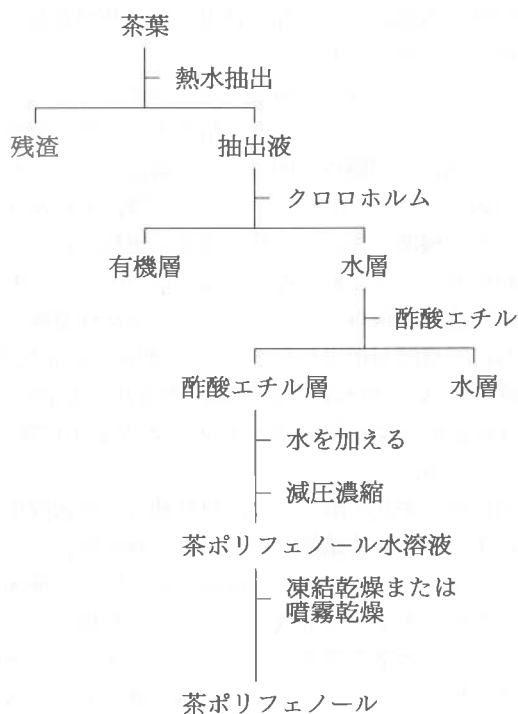
茶ポリフェノール類の抽出・精製においては，従来より図－8に示す方法が確立されていたのであるが，¹²⁾この方法を利用して茶ポリフェノール類を工業的規模で製造するには，次のような問題点があった。

まず第一に茶ポリフェノール類を抽出するのに適した原料茶の選定がされていないこと，第二に室内のオープンな条件でクロロホルム等の有害な有機溶媒を多量に使用しなければならないこと，第三に既存の設備では有機溶媒が使用できないこと，の3点であった。これらをどのように克服・改善していったのであろうか。

第一の抽出に適した原料茶の選定であるが，そもそも茶ポリフェノール類は新茶から秋冬番茶までどんな茶葉にも含まれているが，どの時期の茶に多く含まれているのか，あるいは，どのような形態の原料が抽出に適しているのかといった知見は得られていなかった。そこで，摘採時期や一次加工方法の異なる種々の原料について，茶ポリフェノール類の含有量と抽出効率及び組成が調べられ，抽出原料の選定が吟味された（図－9）¹³⁾

摘採時期による茶ポリフェノール含量は，一番茶よりも二番茶の方が多少多かったが，一番

図一 8 従来までの茶ポリフェノール類の抽出・精製方法



(出所) 前掲普及用テキスト, p4.

図一 9 原料茶葉の選定

| サンプル | | 固形分抽出率(%) | | 対固形物ポリフェノール含有率(%) |
|-------------------|------------|-----------------|-------|-------------------|
| 乾燥葉 ^{a)} | (秋冬番/中揉処理) | 大 ^{b)} | 19.22 | 16.7 |
| 乾燥葉 ^{a)} | (秋冬番/中揉処理) | 小 ^{c)} | 24.70 | 16.1 |
| 乾燥葉 ^{a)} | (秋冬番/乾燥のみ) | 大 ^{b)} | 17.88 | 15.5 |
| 乾燥葉 ^{a)} | (秋冬番/乾燥のみ) | 小 ^{c)} | 23.76 | 16.2 |
| 煎茶 | (一番) | 大 ^{b)} | 22.78 | 19.5 |
| 煎茶 | (一番) | 小 ^{c)} | 24.34 | 20.5 |
| 番茶 | (二番) | 大 ^{b)} | 24.12 | 21.2 |
| 細粉 | | | 24.36 | 22.5 |
| ケバ | | | 25.76 | 20.2 |

a) 通風乾燥 b) 大: 7mesh/inch c) 小: 16-28 mesh/inch

(出所) 前掲普及用テキスト, p5.

茶から秋冬番茶まで含量にあまり大きな大差はみられなかった。茶葉の加工方法による違いでは、秋冬番での結果から、生葉を乾燥させるだけよりも中柔程度であっても製茶工程を経る方が抽出率が高いことが判かり、また、葉を細かく粉碎した方が抽出効率がよいことも判った。

一方、茶ポリフェノール類の組成については、摘採時期や加工方法の違いに関わらずほぼ一定であり、従ってどのような原料であっても茶ポリフェノール組成に問題はないと考えられた。さらに、茶葉からの茶ポリフェノール類の大量抽出方法について検討され、安全性や抽出処理能力を考慮し、既存の茶飲料製造設備を用いて熱水抽出して、その抽出物に対して精製操作が行われた。ここでは、飲料用の抽出ラインを用いて予備実験で抽出効率のよかった番茶、細粉、ケバについて 200 kg スケールで抽出が行われた。そうして得られた茶抽出物のポリフェノール含量は 20~30% 程度であったが、細粉やケバは抽出時にラインの目詰まりを起こし作業効率が下がることが判明した。

以上の結果から、原料茶には製茶を粉碎して使うのがよいと考えられたが、原料の価格や現在刈捨てられている秋冬番の茶葉の有効利用、地域農業の振興などを考慮し、秋冬番茶葉を通風乾燥して細断・粉碎したものを原料に採用することになるに至ったのであった。

次に第二の問題点であるが、これは茶抽出物の精製に関わる。精製においてはポリフェノール類の含量を高めることが要重であると同時にカフェインの除去が目的となる。まずポリフェノール類の含有を高めるために、一度に大量の処理ができる溶媒抽出法が考えられ、種々の溶媒について検討された。試験した溶媒うち、食品製造用のエタノールで茶熱水抽出物を抽出することにより、40~55% 程度のポリフェノール類が含まれる精製茶抽出物を大量に得ることができた。実際の食品素材としては 40~55% 程度の含量で問題はないものと考えられるが、茶ポリフェノール類の持つ機能性だけをより濃縮して提供するためのさらなる検討が加えられていった。ここではカフェインの除去が重要となるわけであるが、通常茶抽出物には重量当たり 10% 程度のカフェインが含まれており、除去する方法として、a) 溶剤で洗浄する方法、b) 樹脂などで除去する方法、c) 超臨界抽出で除去する方法などがある。しかし、有機溶媒をオープンな状態で使用する方法は危険性を伴い、超臨界抽出法は装置面とコスト面で考慮すべき点があった。そこで、溶媒や特殊な設備を必要としない樹脂による精製方法が検討された。今までにもそうした精製方法に関しては、各種の報告がなされていたが、工業化を考慮すると耐えないものであり、研究所では工業規模で使用可能な樹脂の検索を行っていった。茶葉から抽出した粗製ポリフェノール類を使用して、イオン交換樹脂をはじめゲル濾過剤、合成吸着剤などの種々の樹脂について茶ポリフェノール類の吸着能やカフェインの吸着能について試験するとともに、樹脂の洗浄方法の検討、樹脂を繰り返し使用した場合の吸着能の低下などが調べられた。その結果、樹脂の精製能力が十分であっても洗浄ができなかったり、洗浄や繰り返しの使用によって樹脂の精製能力が著しく低下してしまうなどの問題が起こった。また、樹脂処理によって得られた精製物のポリフェノール含量、歩留まり、精製コストを考慮すると、現段階においてカフェインレス茶ポリフェノール類含有食品素材の樹脂を利用した工業的製造は困難であった。ただし、一方で樹脂による精製方法は、茶ポリフェノール類の単品を高純度で得るために非常に有効な手段となり、危険性を回避しながら茶ポリフェノール類を各成分毎に、しかも高純度で得ることができるまでに至ったのであった。

最後に、第三の既存の設備では有機溶媒が使用できないことに関わる問題点であるが、茶ポリフェノール類の精製には有機溶媒処理が非常に有効な手段であり、実現するにふさわしい装

置・設備の検索に向けて、精製の工程中、大量処理の妨げとなっている茶抽出液の有機溶媒による洗浄工程が再検討された。その結果、液-液向流分配クロマトグラフィー装置を用いることにより、粗製ポリフェノール類に8~10%含まれているカフェインを2%以下に低下させることが可能となると同時に、茶ポリフェノール含量を70~90%へと高めることが可能となった。この装置は閉鎖系の中で溶媒を使用するため、危険度の高い溶媒を使用することができ、有機溶媒での洗浄を大量に行えるばかりではなく、自動化処理も可能となる。この装置の使用はスケールアップするときにあまり困難を伴わず、またライン化を考えるとときに有利であるため、今後この装置を茶ポリフェノール類の大量製造に生かしてゆきたいと考えるに至ったのであった。

以上の結果から、茶抽出物として、茶ポリフェノール類を20%程度含む粗製品をはじめとして、茶ポリフェノール類を30%、60%、90%含む精製品の試作に成功している。こうして茶ポリフェノール類を安価にかつ多量に製造・供給する第一段階が達成されたと言える。

II. 茶ポリフェノール類の生理活性試験

次に、茶ポリフェノール類を高機能食品素材として位置づけるためには、その生理活性機能が詳細に調べられなければならない。そこでそうした機能が① *in vitro* 試験、②実験動物を用いた試験、③ヒトによる試験により確かめられていった。

① *in vitro* 試験による茶ポリフェノール類の生理活性の評価 (M社総合食品研究所)

茶ポリフェノール類の生理活性試験を行うにあたり、その第一段階として *in vitro* 試験による生理活性機能の評価が行われた。ここでは、茶ポリフェノール類の酵素活性阻害能を中心に生理活性機能が調べられた。

まず、糖質分解酵素である α -アミラーゼとシュクラーゼに対する茶ポリフェノール類の活性阻害能が調べられた。¹⁴⁾ その結果、茶ポリフェノールは α -アミラーゼおよびシュクラーゼに作用し、その活性を阻害することから血糖値の上昇を抑制する可能性が示唆された。次に、茶ポリフェノール類がコレステロール上昇抑制作用を有することから、 α -アミラーゼやシュクラーゼの場合と同様に、茶ポリフェノール類がリパーゼの活性を阻害するかどうかについても検討が加えられた。¹⁵⁾ この結果、茶ポリフェノール類はリパーゼの活性を全く阻害せず、茶ポリフェノール類によるコレステロール上昇抑制作用は、リパーゼの活性阻害以外の機構によるものであると考えられるに至った。

② 実験動物による茶ポリフェノール類の生理活性の評価 (M社食品総合研究所担当)

ここでは、茶ポリフェノール類の安全性を確認するとともに、新たな生理活性機能を見いだすことを目的に、脂肪蓄積抑制作用と *in vitro* 試験で可能性が見いだされた血糖値上昇抑制作用について実験が行われた。

まず、茶ポリフェノール類の安全性がラットを用いて確認された。¹⁶⁾ 次に、生体内脂質に及ぼす茶ポリフェノール類の影響が標準食で調べられた。茶ポリフェノール類を約35%含有する素材をラットの標準飼料に添加して4週間飼育後、採血及び肝臓を摘出して、血漿脂質と肝脂質が測定された。肝脂質は1.0%、2.0%の茶ポリフェノール添加群でコントロール群に対して有意に低値を示したが、血漿脂質については顕著な違いは見いだされず、このことから茶ポリフェノールは血漿脂質濃度には影響せずに体内での脂質の蓄積を抑制する効果があるのではないかと推察された。そこで、パーム油を15%添加することによりカロリーを上げた餌で

4週間飼育し、成長期（5週齢）のラットが肥満しやすい状況下での茶ポリフェノール類の効果が調べられた。また、パーム油を5%添加した餌を用いて成熟期（3カ月齢）のマウスを3カ月飼育し、成熟期の過剰脂肪の体内貯蔵に対する茶ポリフェノール類の効果も調べられた。¹⁷⁾以上の結果から、新たな生理活性機能として、過剰な脂肪を食事から摂取したとき、ポリフェノール類は生体内で脂肪蓄積を抑制することが見いだされたのであった。

さらに、*in vitro* 試験で可能性の見いだされた血糖値上昇抑制作用について、ラットを用いて詳細な実験が行われた。¹⁸⁾そうしたなかでは、 α -アミラーゼやシュクラーゼの茶ポリフェノール類による活性阻害が消化管内においても十分に発現できること、茶ポリフェノール類は糖の吸収阻害をするのではなく、やはり糖質分解酵素の活性を阻害する作用によって血糖値の上昇を抑制していること、茶ポリフェノール類の示す血糖値抑制作用は、消化管内に存在する糖質分解酵素の活性に因るものであることが明らかにされた。

以上のような動物実験では、全体として茶ポリフェノール類の安全性が確認されると同時に新たな生理活性機能として、脂質蓄積を抑制する作用と血糖値の上昇を抑制する作用が見いだされたのであった。

③ヒトによる茶ポリフェノール類の生理活性の評価（聖隷三方原病院）

茶ポリフェノール類の生理活性機能に関しては、脂肪蓄積抑制作用や血糖値上昇抑制作用のほか、血中コレステロール上昇抑制作用や血圧上昇抑制作用などが動物実験では明らかにされている。そこで次の段階としてポリフェノール類の安全性をヒトで確認し、さらにそれらの生理活性機能がヒトにおいても有効に働くかが調べられた。ここでは実験を行うにあたってボランティアが募集され、¹⁹⁾茶ポリフェノール類の安全性を確認するための実験、今までに動物実験で明らかにされているコレステロール上昇抑制作用と血圧上昇抑制作用についての実験が行われた。

安全性の確認のための実験では、試験食品に1粒あたり30mgの茶ポリフェノール類を含むポリフェノン粒を使用し、ボランティアに朝食後と夕食後の2回に分けてそれぞれ8粒（茶ポリフェノール類として250mg）ずつ摂取させた。摂取期間は3カ月とし、摂取前、摂取後1カ月、2カ月および終了時に各種の検査が行われた。試験終了時には、茶ポリフェノール類を摂取したときの健康状態や生活状況に関するアンケート調査も実施されている。

コレステロール上昇抑制作用と血圧上昇抑制作用については、33名のボランティアに安全性試験と同様にポリフェノン粒を一日2回（1回8粒）に分け、3カ月間摂取させた。茶ポリフェノール類摂取前と試験終了時に身長、体重、血圧、血液製化学検査など445項目の検査が実施された。²⁰⁾

この研究においては、茶ポリフェノール類はヒトに対しても安全性が高く、また多くの生理活性効果を示すことが示唆されたことから、今後高血圧、糖尿病、高脂血症、脂肪肝、肥満などの成人病の予防に役立つ高機能食品素材となることが大いに期待されるに至った。

以上、茶ポリフェノール類の工業的規模での抽出・精製から始まる共同研究の1つの流れである*in vitro* 試験、動物実験、ヒトによる実験を経ての茶ポリフェノール類の生理活性試験・評価が実施されてきた。成分の安全性や機能・効用の確認・検証が研究の主なテーマとなっていたと言える。ヒトの実験を除きM社の食品総合研究所が主導的に研究を行っていた点が特徴的であり、茶ポリフェノール類の工業的規模での抽出、精製技術の改善・確立に成功したところなどは、実用化・製品化に向けて大きな第一歩であったように思われる。こうした工業的な

側面を持ち合わせると同時に対象であるポリフェノール類が食品として利用されていくことから、ヒトへの影響が考慮され、共同研究パートナーとして病院が絡んできている点などもこの共同研究の特質であると言える。研究内容は生理活性作用や動物、ヒトへの利用による影響と茶ポリフェノール類の機能・効用の検証が中心を占め、その過程においては製品化・実用化にむけての戦略性などはみられないが、高機能食品素材として茶ポリフェノールを位置づけ、「健康食品」として利用していくという着眼や工業的規模での大量生産方法と技術の確立を実現しているところなどには、共同研究開発においての製品戦略的な側面が現れているように思われる。この点、次に言及していく茶ポリフェノール類の呈味性、加工技術の開発および食品への応用などは、そうした製品戦略・事業戦略性がかかなり強く見られてくる。こうした点に留意しながら、共同研究のもう一つの流れについて、それぞれ検証していくことにする。

III. 茶ポリフェノール類の呈味性

これまでの研究により、茶ポリフェノール類は生体に対して種々の生理活性機能を有し、高機能食品素材として有用であることが判明した。さらに、もう一方の流れである食品への応用を図るということを主眼にした共同研究が進められている。より直接的には、「加工技術の開発および食品への応用」で行われるが、それに先立ち、これまでの流れであった茶の渋味の本体としての茶ポリフェノール類の研究段階から、これを多くの食品に添加する場合の渋味の低減や改善に関わり必要不可欠となる「茶ポリフェノール類の呈味性」に関して、1)官能検査による渋味度の測定、2)茶ポリフェノール類の渋味度の定量化、3)茶ポリフェノール類の渋味度の改善の研究が行われている。

1) 官能検査による渋味度の測定 (静岡県立大学短期大学部 食品学教室)

これまで渋味の測定に関する知見は少なく、その測定方法についてもほとんど確立していなかった。そこで、この段階で茶ポリフェノール類の渋味測定を官能検査で行っている。

まず、茶ポリフェノール含量が60%のポリフェノン 60 と90%以上のポリフェノン 100 およびポリフェノール類の主成分で渋味の本体の一つであるエピガロカテキンガレート (EGC g) を用いて、渋味を感じはじめる濃度と渋味を許容できる濃度について試験が行われた。渋味を感じる濃度についての官能検査結果からは、ポリフェノン 2 種類で 200 ppm ではっきりと渋味を感じてくることが判り、EGC g では 100 ppm でも渋味を感じてくる傾向にあった。また、渋味を許容できる濃度に関する試験では、ポリフェノン 60 で 600 ppm, ポリフェノン 100 で 300 ppm となり、茶ポリフェノール含量に依存して許容範囲濃度が低くなった。EGC g ではポリフェノン 100 よりさらに許容範囲が狭くなり、渋味の強い物質であることが明らかにされた。

次に、茶ポリフェノール類の主成分である EGC g の水溶液を用いて、パネルテストにより正確な閾値が求められた。ここでは、5つの基本味の希薄溶液について味の種類の識別テスト及び苦みを除いた4つの基本味の弁別識別テストにより選別した20~40才の男女各5名づつをパネルとした。濃度 250, 125 及び 94 ppm の EGC g 水溶液を調整し、30名のパネルに対する3点識別試験が行われた。こうした結果、EGC g の閾値は 94~125 ppm の範囲にあると考えられ、ここでは両者の平均を取り EGC g の閾値を 110 ppm と推定するに至った²¹⁾

2) 茶ポリフェノール類の渋味度の定量化 (鹿児島大学教養部 生物学教室)

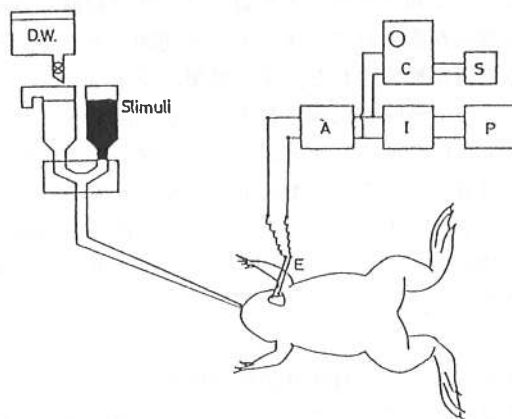
ヒトの官能検査により、渋味度を感じ始める濃度や渋味を許容できる濃度に関しては明らかにされたが、そうしたなかでは従来渋味は唾液や粘膜上皮のタンパク質が渋味物質と凝固を起

こすことによる感触であるとか、ある種の痛覚であるとか、苦味と乾燥間で構成される感覚であるとか言われているが、明確な表現に乏しく、味覚としての曖昧さが未解決のままであった。このことは渋味の強さや渋味の改善を判定できるような渋味の定量化技術が確立されていないということを意味し、そこで、この段階では渋味を定量化する方法について研究された。

まず、茶ポリフェノール類はタンパク質の一種であるゼラチンと結合することが知られていたため、茶ポリフェノール類とゼラチンとを結合させたときの粘度を測定することによって定量化が試みられた。その結果は、ゼラチン溶液に EGC g を添加することによって混合液の流速は低下したが、添加した EGC g の濃度には依存せず渋味の定量化には適さなかった。

そこで次に、茶ポリフェノール類を含む渋味物質に対する味覚受容器の神経応答を検索することにより、渋味応答の受容機構に関する基礎的なデータを収集し、ヒトによる官能検査結果と合わせて、人工的な味覚センサーの開発へ向けてその可能性が探られた。渋味物質に対する味覚受容器の神経応答の検索には、アフリカツメガエルを用いての実験装置（図—10）により試験が行われた。

図—10 渋味度の定量化に関する実験装置



A : 増幅器, I : 積分器, P : ペン書きオシログラフ, C : 陰極線オシログラフ
S : モニター装置, E : 銀—塩化銀電極, D.W. : 蒸留水, Stimuli : 刺激液

（出所）前掲普及用テキスト，p.26.

体重 10 から 50 g のアフリカツメガエルを 20%ウレタンで腹腔内注射（1～2.5/体重 100）により、麻酔して実験に使用した。口腔内下顎上皮の味覚を支配する下咽神経を抽出した後、銀—塩化銀電極で神経応答を導出し、積分器を通して積分波形に変換し、その波形の最大振幅を応答値とした。口腔内には常時蒸留水を一定速度でながし、刺激は電磁弁で切り替えて行われた（刺激時間は 5 から 10 秒，刺激間隔は 4 から 10 分間）。また、刺激物質として、タンニン酸、没食子酸、ポリフェノール 60 及び茶ポリフェノール類の代表的な成分 5 種が用いられた。²²⁾

実験結果は、いままで定量化できなかった渋味成分の定量化の可能性（舌咽神経の応答は 5～10 ppm で始まりその後濃度依存的に応答が強くなった）が示されたと同時に官能検査結果との相関性を調べる手がかりとなり得た。さらに、実験に使用した渋味物質全てにおいて、いくつかの共通する性質が見いだされている。つまり、濃度に伴う応答の増加が緩やかであるのに対し刺激閾値はかなり低いこと、高濃度でも応答に不安定さがみられることであり、これらの現

象は他の基本的味物質では見られない性質であった。

3) 茶ポリフェノール類の渋味の改善 (工業技術センター 食品化学技術部)

さらにより製品化・実用化に向けての関わりから、茶ポリフェノール類を食品に添加して使用する場合、その渋味のため添加量には自ずと限界があり、渋味を低減させる物質の検索実験が行われた。

最初に茶ポリフェノール類と強く結合する物質について、渋味の軽減ができるかどうかを検討された。タンニン酸と強く結合していることが知られているキトサンを酸溶液に溶解し、この1.0%溶液1リットルに対し10gにポリフェノン60を添加して混合した。この混合液に水酸化ナトリウム溶液を加えpH 8.0とし、キトサンを沈澱させた。この沈澱物を集め、凍結乾燥して乾燥粉末とした。この粉末を官能検査によって調べたところほとんど渋味は感じられなくなった(この粉末中に含まれる茶ポリフェノール量は約20%であった)。このことから茶ポリフェノール類と強く結合する物質は、渋味を軽減する作用を持つことが推測された。

さらに、茶ポリフェノール類とタンパク質との結合性を調べたところ、ゼラチンが最も効果的にポリフェノール類を吸着し、その他カゼインや小麦タンパク質でも吸着効果がみられた。しかしながら、茶ポリフェノール類を吸着する物質では渋味は軽減できるものの、水不溶性となってしまう、添加できる食品に限られてしまうという問題があった。そこで、水溶性を保持したまま渋味を低減できる物質が検索された。その結果、茶ポリフェノール類にサイクロデキストリンを添加することによって渋味が低減されることが判明した。サイクロデキストリンに関して α 、 β および γ -サイクロデキストリンについて実験がさらに加えられた結果、茶ポリフェノール類の渋味低減には β -サイクロデキストリンが有効であることが判明した。²³⁾

このようにして、キトサンやゼラチンなどのタンパク質が渋味の改善に有効であること、さらにサイクロデキストリン(特に β -サイクロデキストリン)も非常に有効な渋味低減物質であることが見いだされたのであった。

IV. 加工技術の開発及び食品への応用 (M社食品総合研究所)

これまでの研究、実験結果から、茶ポリフェノール類は高機能食品素材として極めて有効性が高く、利用価値があることが判明した。そこで最終段階として、茶ポリフェノール類を添加した食品や飲料を試作し、その添加特性や添加量を把握することを目的としての加工技術の開発及び食品への応用研究が行われた。まず、茶ポリフェノール類の添加濃度を変えて食品を試作し、官能検査で外観、色調、味などについて評価が加えられた。また、試作食品中のポリフェノール類の含量を測定し、食品試作時の茶ポリフェノール含量の変化が調べられた。ここでは、クッキー、パン、ペクチンゼリー、タブレットキャンディー及び粉末飲料の試作品につき、それぞれの結果を紹介していく。実用化・製品化に直接関わり、製品戦略・事業戦略とかなり深く関係してくる段階と言える。

[クッキー]

図-11に示されたレシピに従って3種類のクッキーが試作された。ここでは、茶ポリフェノール類としてポリフェノン60(P-60)が使用された。官能検査の結果、できあがりの外観や色調の差はほとんどなかったが、味に関しては、添加量の最も少なかったC-1以外は強い渋味を感じクッキーには適さなかった。このことからクッキーへのポリフェノン60の添加は0.5%(ポリフェノール類として0.3%)が限界であることが判った。また、クッキーの中のポ

図-11 クッキー試作レシピ

| 材料 | C-1 | C-2 | C-3 |
|---------|-----|-----|-----|
| 小麦粉(g) | 200 | 200 | 200 |
| バター(g) | 100 | 100 | 100 |
| 砂糖(g) | 80 | 80 | 80 |
| 卵(個) | 1 | 1 | 1 |
| P-60(g) | 2 | 4 | 6 |

(出所) 前掲普及用テキスト, p31.

図-12 パン試作レシピ

| 原料 | 強力粉 | 砂糖 | スキムミルク | 塩 | バター | イースト | P-60 | 水 |
|-----|------|-----|--------|----|-----|------|------|-------|
| B-1 | 250g | 12g | 9g | 4g | 9g | 4g | 3g | 190ml |
| B-2 | 250g | 12g | 9g | 4g | 9g | 4g | 6g | 190ml |

(出所) 前掲普及用テキスト, p32.

リフェノール含量を測定したところ、添加量の70-75%が残存しており、高温処理する食品へも茶ポリフェノール類を添加できることが示唆された。

[パン]

パンの試作にあたっては、クッキーの試作で得られた結果を参考に、図-12に示したレシピに従い2種類の食パンが試作された。ポリフェノン60の添加量は、パン生地に対して0.5%および1.0%で、ポリフェノン60を0.5%添加した食パンでは、形状、外観、色調及び味にほとんど影響を与えなかったが、1%添加したパンでは、発酵が妨げられたのかパンが膨らまず、その大きさが0.5%添加したものの約半分であった。また、色調や食感にも大きく影響を与えていた。このことから、茶ポリフェノール類をパン生地に添加する場合には、0.5%以下の濃度で使用しなければならないことが判ったのであった（なお、これらのパンのポリフェノール残存率は約65%であった）。

さらに、最近機能性食品素材を利用したキャンディーやタブレットが多く見受けられることから、茶ポリフェノール類を添加したゼリーやタブレットキャンディーの試作が試みられた。その際、茶ポリフェノール類の渋味の低減に効果のあったサイクロデキストリンを添加したものの試作し無添加のものとの比較がなされた。

[ペクチンゼリー]

図-13のレシピに従い、ポリフェノン30を添加した紅茶ゼリーとグレープフルーツゼリーを試作し、官能検査により試作品を評価した（茶ポリフェノール類の添加量は、ゼリー1個当たり30mgとされた）。結果は、紅茶ゼリー、グレープフルーツゼリーとも「ほとんど渋くない」と「わずかに渋い」と解答した人が70%近くに達し、渋味がかなり改善できていることが判った。しかしながら、サイクロデキストリン添加の効果は見いだされず、これは試作品の糖類含量が90%と高く、渋味が糖類の甘味でマスキングされたためであると考えられた。ゼリーに使用したフレーバーに関しては、グレープフルーツより紅茶フレーバーの方が好ましいという傾向がみられたが、これは元来紅茶の方がグレープフルーツより渋みが強いのというイ

図-13 ペクチンゼリーのレシピー

* : レモン+グレープフルーツ ** : グレープフルーツ

| ペクチンゼリー I | | | ペクチンゼリー II | | |
|---------------|-------|------|----------------|-------|-------|
| | フルーツ味 | 紅茶 | | フルーツ味 | 紅茶 |
| 処理水 | 150 | 150 | 処理水 | 150 | 150 |
| ペクチン | 4.5 | 6.4 | ペクチン | 4.5 | 8.4 |
| クエン酸ナトリウム | 1.2 | | クエン酸ナトリウム | 1.2 | |
| 乳糖 | 16 | 32.8 | 乳糖 | 16 | 32.8 |
| カップリングシュガー | 126 | 126 | カップリングシュガー | 134.1 | 112.2 |
| オリゴメイト50 | 136 | 136 | シクロデキストリン | 132.5 | 102.5 |
| 紅茶エキス | | 4 | 紅茶エキス | | 4 |
| クエン酸50%溶液 | 0.3 | | クエン酸溶液 | 3.3 | |
| 1/5濃縮レモン果汁 | 6 | | 1/5濃縮グレープ | 6 | |
| 天然色素 | 0.1 | | フルーツ果汁 | | |
| ポリフェノン30 | 6.7 | 6.7 | ポリフェノン G | 6.7 | 6.7 |
| アスパルテーム | 0.3 | 0.3 | アスパルテーム | 0.3 | 0.3 |
| 香料(kg/100kg)* | 0.2 | 0.3 | 香料(kg/100kg)** | 0.1 | 0.2 |

(出所) 前掲普及用テキスト, p32.

メージによるものと思われた。ここで試作した紅茶ゼリーやグレープフルーツゼリーは、茶ポリフェノール類の渋味がかなり低減できており、評価の高い試作品であった。

[タブレットキャンディー]

ここでは原材料の異なる2種類の配合(図-14)でタブレットキャンディーを試作し、ゼリーの場合と同様官能検査で評価した。タブレットキャンディー I は基本的なレシピーに基づき、またタブレットキャンディー II は渋味の低減に効果のあったサイクロデキストリン、ゼラチンおよび甘味のある糖類を配合して試作された。官能検査の結果、渋味の低減に効果のあった素材を配合したタブレットでは配合しなかったタブレットに比較して渋味が弱くなる傾向が示されたが、その効果は顕著でなく、これはタブレット1錠に含まれるポリフェノール類の含量が

図-14 タブレットキャンディーのレシピー

| タブレットキャンディー I | | タブレットキャンディー II | |
|-------------------|------|--------------------|------|
| ポリフェノンG | 16.7 | ポリフェノンG | 16.7 |
| 乳糖 | 77 | 還元麦芽糖水飴 | 64.3 |
| シュガーエステル | 0.7 | β -シクロデキストリン | 10 |
| アスパルテーム | 0.5 | ゼラチン粉末 | 0.5 |
| 発酵乳パウダー | 4 | 処理水 | 5 |
| 無水クエン酸パウダー | 0.8 | 1/5濃縮レモン果汁 | 2 |
| 香料(オレンジ kg/100kg) | 0.2 | ビタミンC | 5 |
| | | シュガーエステル | 0.7 |
| | | アスパルテーム | 0.5 |
| | | 粉末香料(レモン) | 1 |

(出所) 前掲普及用テキスト, p33.

高かったこともあるが、粉末を成型しただけのタブレットでは渋味低減物質の効果が十分に発揮できなかったことも大きく影響しているのではないかと考えられた。

〔粉末飲料〕

最後に、図-15 に示されたレシピを基本に、配合するフレーバーの種類を変えて粉末飲料が試作された。使用されたフレーバーは、バナナ、ストロベリー、バニラ、グレープフルーツ、オレンジ及びレモンが用いられ、それぞれの試作品を飲料し、どのジュースが好ましいかについてアンケート調査が行われた。その結果、バナナ、ストロベリー及びバニラと解答した人はなく、柑橘系フレーバーが好まれることが判った。このことから、渋味成分を含んでいる食品のフレーバーが渋味を違和感なく感じる、渋味にあったフレーバーであると考えられるに至っている。

図-15 粉末飲料レシピ

| 原 料 | 1 cup |
|-------|-------|
| 砂糖 | 2.66g |
| ビタミンC | 0.62g |
| 発砲剤 | 0.60g |
| 酸味料 | 0.60g |
| 粉末発酵乳 | 0.50g |
| P-60* | 0.25g |
| 香料 | 0.18g |
| 人口甘味料 | 0.09g |

* = ポリフェノン60

(出所) 前掲普及用テキスト, p34.

4. まとめにかえて—共同研究開発の成果と製品・事業戦略—

以上、共同研究プロセスを通じ、茶ポリフェノール類の抽出・精製から生理活性試験、茶ポリフェノール類の呈味性(渋味どの測定ならびに改善)、そして加工技術の開発および食品への応用過程を検証してきたわけであるが、M社では加工技術の開発および食品への応用段階を経て、そこで得られた結果を参考に食品へ活用するため、さらに、マドレーヌ、乾パン、そば、パスタ、発酵乳飲料、スポーツドリンク、エチケットドリンク、ガム、キャンディー、ココア粉末飲料等も試作しており、その中には既に商品化されたものも出始めている。

茶ポリフェノール類を高機能性食品素材として位置づけ、その効能を食品へと応用していくという発想と実用化に向けての取り組みは、「おいしさを味わう」あるいは「香りを楽しむ」といった従来までの食品・食材の開発・製品化から、食品素材の持つ「疾病予防」という機能に着目し、それを生かした食品づくりへと新製品・新市場を開拓した先見的な事例であったと言えるであろう。共同研究開発とM社自身の努力により、高機能食品市場という新しい分野において、年間5億円の売上を上げるに至っている。茶ポリフェノール類などを中心とした高機能食品素材は、多様な用途を持ち合わせており、食品への応用はもちろん、魚などへ利用することによる鮮度の保持やビタミン剤などへの利用などさまざまな用途である。そうした応用ならびに商品化は容易にできるものではないが、現在でもM社ではそうした研究開発・開発研究に着手し実用化に成功している。例えば、「ポリフェノン」(ポリフェノン60, ポリフェノン30, ポリフェノンG)という商品は、M社が初めて緑茶に含まれるカテキン類を大量に精製・製造する技術を開発し製品化したもので(図-16)、食品・食品原料としても、添加物としても利用されている²⁴⁾また、「サンカテキン」という商品は、サンカテキン水性(一般食品用)、サンカテキン水性F(水産加工品用)、サンカテキン油性E(油脂食品用)の3種類があり²⁵⁾酸化防止効果や色素褪色防止効果、消臭・除菌作用などを発揮しての、食品への応用例である。

今回取り挙げたM社(食品総合研究所)の事例は、基礎的な研究についての自社での蓄積が共同研究の過程においても、また実用化・製品化段階においても発揮されており、共同開発を

起ち上げていく以前に、社内において製品化に向けての見通しがかなり強く立てられての事例と言え、研究開発から実用化に至るまで自社内だけで行うのではなく、県や財団がその先見性を認め、後押しするかたちの共同研究開発を実施することにより、一層客観的な評価へと結びつくことから、そうしたことを通じて成果や製品をアピールしていくという狙い・戦略が背景にあった。ここには、「産」主導型の共同研究開発活用の一例を見て取ることができよう。「学」の役割はもちろん否定されるものではないし、共同研究のプロセスにおいて、ヒトによる生理活性試験における聖隷三方原病院、茶ポリフェノール類の呈味性においての静岡県立大学短期大学部、鹿児島大学、静岡工業技術センターらの研究・協力なくしては、実用化・製品化への成功にはつながらなかったと言える。

図一16 「ポリフェノン」の機能ならびに商品性

| 主な作用・機能 | 商品性 |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 抗酸化作用 | 食品の日持向上、品質保持に ・食用油脂の酸化防止 ・天然色素の褪色防止 |
| 歯垢合成酵素阻害作用 | 歯の健康に |
| 抗菌・抗ウイルス作用 | 加工食品の抗菌成分として |
| 血中コレステロール上昇抑制作用 α アミラーゼ阻害作用 体脂肪蓄積抑制作用 腸内細菌改善作用 | 健康を維持する |
| ラジカルスカベンジング作用（SOD 様作用） | デザイナーフーズ成分として |
| 消臭作用 | 悪臭成分の消臭に |

同社「ポリフェノン」パンフレットより筆者作成

しかしながら、M社自身の基礎研究の積み重ねと蓄積、専門分野の研究機関や研究者に関する情報収集など、共同研究を支えた大きな要因となっており、茶ポリフェノール類の機能性への着眼を始め、戦略展望を持ちながらの共同研究から実用化・製品化へと実現させていったM社の経営努力は厳しい環境下においての新市場・新製品の開拓の実践例として参照に値するものと言える。同社は共同研究の成果を成果発表会にて報告し、それがメディアに載ることを通して研究結果に関わる情報の普及を図っており、また、食品関係の雑誌（業界紙）に執筆したりすることによっても成果や製品の普及を図りながら、一種の販売活動にもつなげている。こうした点も、戦略性のある産学共同研究の活用とその成果の応用ならびに実践例として、これからの新製品・新技術開発の有効な手段の一つとみることができるといえる。

注

- 1) 詳しくは中小企業庁「中小企業創造活動促進法の手引き」平成7年度、同庁施策普及リー

フレット「創造的事業活動で飛躍をめざす方へ」平成7年5月—No.1などを参照されたい。

- 2) 静岡県中小企業団体中央会『創造から開発へ—融合化事例にみる新たな組合づくり—』平成7年, p 54.
- 3) (財)静岡県科学技術振興財団財団事業成果集 Vol.1『明日へのいぶき』平成7年, pp 3～4. なお, 財団事業の後押しは県の工業立地技術課が行っている。
- 4) 全体の事業概要を紹介しておく。同上書 pp 4～8 参照。

1. 科学技術振興のための企画調整

内外の科学技術の動向や経済社会のニーズをキャッチし, 開発すべき研究テーマの把握に努め, 多彩な産業の活力ある育成をめざしての効果的な研究開発の推進に努めている。また, 人材や研究施設, 資金などの資源を最大限に活かすため関係する機関の協力体制を調整し, 先導的なコーディネーターとしての役割を果たしている。

2. 研究開発の推進

先端的技術の開発や産業技術の高度化及び創業者への支援を図るため, 中小企業をはじめ, 産・官・学プロジェクト及びグループによる研究開発活動に対して, 研究開発費の助成あるいは研究開発の委託として, 資金面でのバックアップを行っている。こうした研究開発の推進においては, (1)研究開発助成事業, (2)産学共同研究開発委託事業, (3)地域産業振興支援事業が行われている。

(1)研究開発助成事業

中小企業などの技術力の向上, 技術基盤の強化を図るため, 中小企業者や農林水産業者の行う新技術・新製品の研究開発に対して助成を行う。また, 平成7年度より, 新たに創業間もない中小企業あるいは今後創業しようとするものを対象とした研究開発助成も行っている。この研究開発助成事業は, ア. 中小企業開発助成事業, イ. 農林水産業開発助成事業, ウ. 創業者等研究開発助成事業の3つに分かれている。

ア 中小企業研究開発助成事業

技術革新が急速に進展するなか, 中小企業が新たな環境に対応していくには技術の向上が必要であることから, 県内の中小企業の行う研究開発活動の経費の一部を助成する制度を実施している。

〔事業内容〕 対 象: 中小企業者

研究期間: 1年間

件 数: 20 テーマ程度

補 助 額: 事業費の1/2以内で, 500万円が限度

イ 農林水産業研究開発助成事業

農林水産業における技術力・生産力を高めるため, 農林水産業者などの行う研究開発活動の経費の一部を助成する制度を実施している。

〔事業内容〕 対 象: 農林水産業者及びその団体

研究期間: 1年間

件 数: 5 テーマ程度

補 助 額: 事業費の1/2以内で, 500万円が限度

ウ 創業者等研究開発助成事業

独自の高度な技術を持ち、新規産業を生み出す可能性を秘めた新たな創造的中小企業の創出が期待されているなかで、地域産業を支える企業として新たに創業した中小企業または今後創業しようとするものを支援するため、平成7年度より研究開発活動の経費の一部を助成する制度が新設された。

〔事業内容〕 対 象：創業者（中小企業）及び創業しようとするもの

研究期間：1年間

件 数：5テーマ程度

補 助 額：事業費の2／3以内で、200万円が限度

図一17 研究開発助成事業実施テーマ数

| | 3年度 | 4年度 | 5年度 | 6年度 | 7年度 | 計 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 中小企業 | 19 | 23 | 23 | 21 | 18 | 104 |
| 農林水産業 | 7 | 5 | 5 | 7 | 5 | 31 |
| 創業者など | — | — | — | — | 5 | 5 |
| 合 計 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 140 |

(2)産学共同研究開発委託事業

本文参照。

(3)地域産業振興支援事業

地域中小企業の活性化を図るため、地域産業界での共通的な技術課題について研究開発を行っている。

〔事業内容〕 事業主体：研究開発推進委員会（財団）

研究期間：3年間（平成7～9年度・・・実施中）

件 数：1テーマ

3. 研究開発成果の普及

研究成果を広く公表し普及することによって、県内中小企業などの研究開発活動を活性化し、オリジナリティーに富んだ“ものづくり”を積極的に推進している。

4. 研究者・技術者の交流促進

中小企業の研究開発を効率的に推進するため、また、県内の研究者・技術者が研究開発機能をさらに高度化するため、学会の誘致や研究者の召喚などをバックアップし、国内外と県内の研究者間のスムーズな交流を促進している。

5. 人材の育成

時代のニーズや産業界の要請に応じられる人材を要請するため、先端技術に関する技術者研修会などをバックアップし、創造的な研究者や技術者の育成に努めている。また、(株)浜名湖国際頭脳センターの行っている情報処理技術者の要請事業に対して、助成を行っている。

6. 啓発と普及

県民が科学技術に関する意識を高め、知識を深めるよう幅広い啓発と普及に努めている。また、科学技術振興の基盤をつくりだすため、パンフレットの作成、機関誌の発行および

技術情報誌への掲載などによる広報活動を推進している。

- 5) 詳しくは、拙稿「県内中小企業による協同開発組織・事業化の動向と特質—創造的事業活動に向けての方策と事例研究—」静岡学園短期大学『教授学研究』No.6, 1996年を参照されたい。
- 6) なお断りのない限り、以下の記述はヒヤリング内容ならびにその際提供いただいた資料による。
- 7) インド・スリランカのオークション別を買付けられた厳選された数百種類の原茶を、容量にして1,000 Kgのプレnderにかけ、グレード別に数10種類を選び出し、収納庫(ホッパー室)、自動計量器を経て包装され製品化されていく。包装においては自動ティーバック包装機により1分間に150 Bags, 1台で1日10万 Bagsが包装される(45台保有)。同工場はティーバック・ボンカップ詰機は1分間に80カップ包装する最新鋭機を設置している。また、1987年には“時代の変化は事業のチャンス”ととらえ、ティーの専門メーカーから総合飲料メーカーを目ざしてBI(ブランド・アイデンティティ)を導入し、外食産業や食品企業向けの新規商材(テトラパックなど)の生産増強に対応すべく、山梨県北巨摩郡須玉町に清涼飲料工場(須玉工場)を開設している。生産ラインには、ホワイトノーズブリキッドのテトラパックライン、各種シロップ及び紅茶、ウーロン茶などの濃縮液を充填するポーション、プレッシャライズ、BAG IN BOXライン等の設備があり、その連続抽出装置から無菌充填に至る製造ラインは、コンピュータによる自動運転ができるように自動計装装置を備えている。主力商品にはアップルティー、レモンティーなどがある。同社パンフレット pp 5~6, 8~9 参照。
- 8) 助成金は1,500万円弱という限度があるため、必要とされる設備や機械類など新ためて揃えたり、全くのゼロから共同研究を打ち上げて進めていくということは極めて困難であるように思われる。やはり、基本的な技術やノウハウ、設備など、既に揃っているということが前提になるといってもよいのではなかろうか。
- 9) 以下、断りのない限りM社ヒヤリングの際に提供いただいた静岡県産学共同研究開発事業研究成果普及用テキストに負っている。
- 10) 茶葉に含まれる水溶性成分は、「カテキン」と呼ばれ(渋みがあることから一般には「タンニン」と呼ばれてきた)、カテキンは化学構造にフェノール性水酸基(OH)を持つためにポリフェノールとも呼ばれる。また、化学構造の炭素骨格部分をフラボノイド骨格と呼ぶため、茶フラボノイドと呼ばれることがある。なお、M社は日本で初めて緑茶に含まれるカテキン類を大量に精製・製造する技術を開発している。M社の製品パンフレットを参照。
- 11) 普及用テキスト pp 1~2。
- 12) 通常の日本茶(やぶきた)を熱水抽出した後、抽出液をクロロホルムを用いて溶液分画してカフェインと色素を除去する。次に得られた水槽を酢酸エチルにて溶液分画し、酢酸エチル層に茶ポリフェノール類を集める。酢酸エチルを減圧留去して茶ポリフェノール類を水に転溶し、この茶ポリフェノール水溶液を凍結乾燥することにより茶ポリフェノール類の粉末を得る。この方法により、ポリフェノール類を90%程度含む茶抽出物を得ることが可能である。実際の商品化段階では、上の溶剤抽出法を避け、水、エタノール、樹脂の組合せによる食品衛生上安全な茶ポリフェノールの製造法を別途確立した。普及用テキスト p 4。

- 13) 茶ポリフェノール類の定量は酒石酸-鉄法が用いられ、組成比は HPLC 法を用いて測定された。
- 14) α -アミラーゼ活性は、0.2%可溶性でんぷんを含む緩衝液(pH 6.9) 1.5 ml に酵素溶液を加え、37°Cで 10 分間反応させた後、沸騰湯浴中で 5 分間処理して酵素反応を停止させ、遊離したマルトースを比色法で測定することによって求められた。また、 α -アミラーゼ活性の阻害能については酵素反応液に種々の濃度のカテキン類あるいはテアフラビン類を添加し、その時の酵素活性を添加しないものと比較することによって測定され、シュクラゼ阻害活性は、ラット小腸粘膜から調整した粗酵素標品を用いて測定した。粗酵素溶液(4.8 U)に種々の濃度のカテキン溶液(50 μ l) および 60 mM シュクロース溶液(100 μ l)を加え、37°Cにて 10 分間反応させた。この時遊離するグルコース量を比色定量し、カテキンの変わりに水を添加したコントロールと比較してシュクロースの阻害活性が測定された。詳しくは、普及用テキスト pp 7~8 を参照されたい。
- 15) 酵素反応は、トリグリセライドにリパーゼを作用させてグリセリンと脂肪酸に加水分解する系において、脂肪酸に蛍光物質を反応させることにより遊離する脂肪酸量を測定しリパーゼの活性を求めた。この反応系において、茶ポリフェノール類はリパーゼの活性を全く阻害せず、茶ポリフェノール類によるコレステロール上昇抑制作用は、リパーゼ活性阻害以外の機構によるものであると考えられるに至っている。普及用テキスト p 9。
- 16) ウィスター系ラット (5 週齢) に、60%茶ポリフェノール類含有粉末を標準食に 1%及び 2%添加し 60 日間飼育した。この期間中において、体重増加量と摂食量が調べられた。また、試験終了時には血中脂質濃度や臓器の重量が測定された。普及用テキスト p 9。
- 17) パーム油 15%添加した餌で 4 週間飼育した成長期のラット実験では、茶ポリフェノール類 0.5%添加群で体脂肪の減少傾向がみられ、1.0%添加群では有意に低い値を示した。また、パーム油 5%添加した餌で 3 カ月飼育した成熟期のラット実験では、0.1%の茶ポリフェノール類を添加することにより、体脂肪および肝脂肪は有意に減少し、標準食を摂取した対照群の値に近づいていた。普及用テキスト p 10。
- 18) 標準食で飼育した 5 週齢のラットを一夜絶食させた後、糖負荷試験を実施していった。40%可溶性でんぷんあるいは 40%蔗糖 4 ml を経口投与するコントロール群とこれらの糖を負荷する 30 分前に茶ポリフェノール水溶液 (80 mg/ml) 1 ml を投与する添加群の 2 群に分け、投与直後、30 分後、1 時間後、2 時間後、4 時間後における血糖値が測定された。この実験では糖としてグルコースを投与した群ならびに水を投与した群についても同様な試験が行われた。この結果、でんぷんやシュクロースだけを投与したコントロール群に比べ、茶ポリフェノール類添加群では血糖値の上昇が有意に抑えられており、これは in vitro 試験で見いだされた α -アミラーゼやシュクラゼの茶ポリフェノール類による活性阻害が消化管内においても十分に発現できることを示唆するものであった。また、グルコース投与群では茶ポリフェノール添加の有無に関係なく、血糖値が上昇することが明らかになり、茶ポリフェノール類が糖の吸収阻害をするのではなく、やはり糖質分解酵素の活性を阻害する作用によって血糖値の上昇を抑制していることを強く支持するものであった。さらに可溶性でんぷんやシュクロースを与える試験系で茶ポリフェノール類の投与量を変化させ、茶ポリフェノール類に機能が発現する最小投与量が調べられている。詳しくはテキスト p 13 を参照のこと。

- 19) これらのボランティアには医師が必要と認めた検査を行ってもらい、また必要に応じて検診による健康チェックが行われている。本人からは口頭あるいは文書で同意を得ており、試験期間中は担当医が定期的に検診を行い、管理栄養士がその健康状態を観察している。
- 20) 詳しくは普及用テキスト p 14 を参照されたい。
- 21) 詳しい実験結果は、普及用テキスト pp 23～24 を参照されたい。
- 22) 詳しい経過については、普及用テキスト pp 27～28 を参照されたい。
- 23) さらにこの実験では、最近九州大学で開発された味覚センサーを用いてサイクノデキストリンによる茶ポリフェノール類の渋味低減効果が調べられ、官能検査試験と比較された。この味覚センサーでの結果では、先の官能試験結果をある程度反映できるものであった。普及用テキスト p 29。
- 24) 食品または食品原料として使用する場合には「緑茶」または「緑茶エキス」などの表示となり、添加物として使用する場合には、「茶抽出物」の表示となる。同社「ポリフェノン」パンフレットより。
- 25) サンカテキンは、厚生省生活衛生局食品化学課編「化学的合成品以外の食品添加物リスト」に登録されている茶抽出物を主剤に使用しており、酸化防止の目的で使用した場合、「酸化防止剤（茶抽出物）」の表示となり、消臭、日持ち向上の目的で使用した場合、「茶抽出物」の表示となる。同社「サンカテキン」パンフレットより。

